

ТЕПЛОВИЗИОННЫЙ АНАЛИЗ ПОСТЭРУПТИВНОЙ АКТИВНОСТИ ВУЛКАНА ЭКАРМА В 2010 ГОДУ (КУРИЛЬСКИЕ О-ВА)

Д.Н. Козлов, Р.В. Жарков

ФГБУН Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, ул. Науки, 1Б, г. Южно-Сахалинск, 693022; e-mail: kozlov@imgg.ru

Поступила в редакцию 26 марта 2012 г.

Представлены результаты проведения тепловизионной съемки вулкана Экарма (о. Экарма, Курильские острова), проведенной в комплексных экспедиционных работах 2010 г., непосредственно после его извержения. Описаны методика тепловизионной съемки и некоторые способы обработки термограмм, а также проблемы и особенности создания электронного каталога, содержащего тепловизионные снимки. Приведены наиболее показательные результаты анализа термограмм, оптимальные способы модернизации тепловизионных наблюдений и улучшения качества тепловизионной съемки активных вулканов в целом.

Ключевые слова: тепловизор, вулкан, извержение, парогазовый столб, Курильские о-ва.

ВВЕДЕНИЕ

В рамках комплексной экспедиции на Средние Курильские острова “Вулкан Пик Сарычева – 2010” [5] авторами проведена тепловизионная, фото- и видеосъемка активного вулкана Экарма (о. Экарма, Курильские о-ва) (рис. 1). В результате были получены инфракрасные снимки постэруптивного парогазового столба вулкана, на которых отображается характер распределения температур. На основании анализа этих материалов были проведены расчеты тепловой мощности струйного термического потока и его скорости, расхода пара за семидесятидневный период после извержения. Ранее подобные работы на Курильских о-вах не проводились, а также отсутствуют опубликованные и систематизированные результаты тепловизионных съемок, что необходимо при их полноценном анализе. Авторами ведется работа по созданию сгруппированного электронного каталога термограмм активных вулканов Курильских о-вов, в который также войдут данные о вулканах Головнина, Менделеева (о. Кунашир), Заварицкого (о. Симушир) и Пик Сарычева (о. Матуа). Это позволит провести ряд сравнительных анализов состояния этих вулканов и выявить соответствие полученных значений с контактными измерениями электронными термометрами и данными спутникового мо-

ниторинга. Важным моментом при проведении тепловизионной съемки и последующей работе с каталогом является возможность выявления ранее неизвестных термальных аномалий.

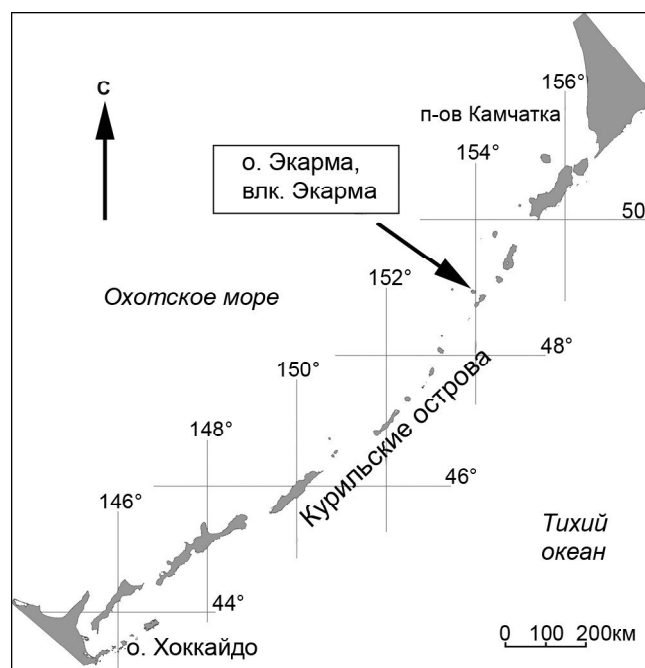


Рис. 1. Схема Курильских островов и расположения вулкана Экарма.

МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ

При тепловизионной съемке использовался тепловизор модели SAT SDS Hotfind-LXS. Диапазон измеряемых температур прибора составляет от -20°C до $+1000^{\circ}\text{C}$, точность $\pm 2^{\circ}\text{C}$, угловое поле $24^{\circ}\times 18^{\circ}$, пространственное разрешение – 1.1 мрад, разрешение активной матрицы – 384×288 точек. Визуализация, обработка и просмотр термограмм формата *.sat и *.ccd осуществлялись при помощи программного пакета Sat IRDBReport Standard 2009. Сравнение данных о распределении температур на термограммах, полученных при помощи тепловизора, и результатов измерения цифровым электронным термометром “Digitron-T200KC” с термопреобразователем КТХА 01.02P-T310 (диапазон рабочих температур термодпары составляет от -200°C до $+1350^{\circ}\text{C}$) показало, что расхождение показаний приборов находится в пределах от 0 до $10\text{--}20^{\circ}\text{C}$. Влияние на итоговые показания тепловизора оказывают температура, влажность, расстояние до объекта съемки, а также отраженная солнечная радиация. Поправки вводятся в полевых условиях.

Значимым фактором является то, что метод измерения тепловизором – это дистанционный площадной способ съемки, а измерения электронным термометром – это контактный точечный метод замеров температур. Исходя из этого, отличие в показаниях приборов в определенной точке может существовать за счет погрешности в обнаружении точки замера. Кроме этого, на показания температуры существенно влияет вводимый в тепловизор коэффициент теплового излучения (КТИ). КТИ воды, при температуре 100°C , составляет 0.96, однако, неизвестны данные о КТИ многокомпонентных парогазовых смесей.

Для фумарольных выходов, как правило, состоящих на $80\text{--}90\%$ из горячего водяного пара, значение КТИ нами задавалось как у термальной воды – 0.96.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Голоценовый вулкан Экарма (1117 м) расположен в западной части одноименного острова размером 5×8 км. Это одиночный стратовулкан, сформированный многочисленными лавовыми потоками длиной до 3 км. Все извержения происходили из вершинного кратера, современный облик вулкана сформировало сильное извержение 1767–1769 гг. [2]. Последний период активизации вулкана связан со слабым эксплозивным извержением в июне 2010 г. В рамках экспедиции “Вулкан Пик Сарычева-2010” [5] 24 августа 2010 г. удалось исследовать последствия этого извержения и провести тепловизионную съемку. В период обследования вулкан проявлял интенсивную постэруптивную активность в виде двух мощных парогазовых столбов, расположенных на южном склоне вулкана на высотах около 700 и 800 м. Из-за сильного западного ветра шлейф столбов протягивался субгоризонтально, поднимаясь на высоту около 500 метров.

За время однодневного обследования вулкана было совершено восхождение к его привершинной части до высоты 750 м. В процессе подъема по юго-восточному склону проводилась тепловизионная съемка с дистанцией до верхнего парогазового столба от 1000 до 250 м. Всего было получено 19 термограмм (рис. 2), отсняты фото- и видеоматериалы. Сравнение результатов тепловизионной съемки с фото- и видеоматериалами позволило, используя методику из работ [1, 3, 4], рассчитать среднюю скорость подъема парогазового столба, которая составила около 5 м/с. Зная температуру верхнего столба (до

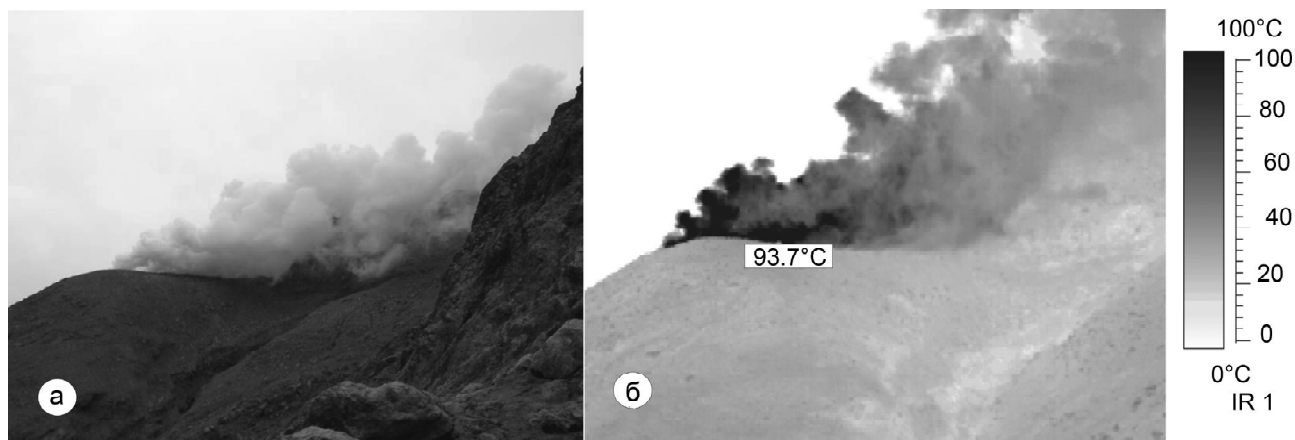


Рис. 2. Фотография (а) и термограмма (б) постэруптивного парогазового столба вулкана Экарма, съемка производилась 24.08.2010 г.

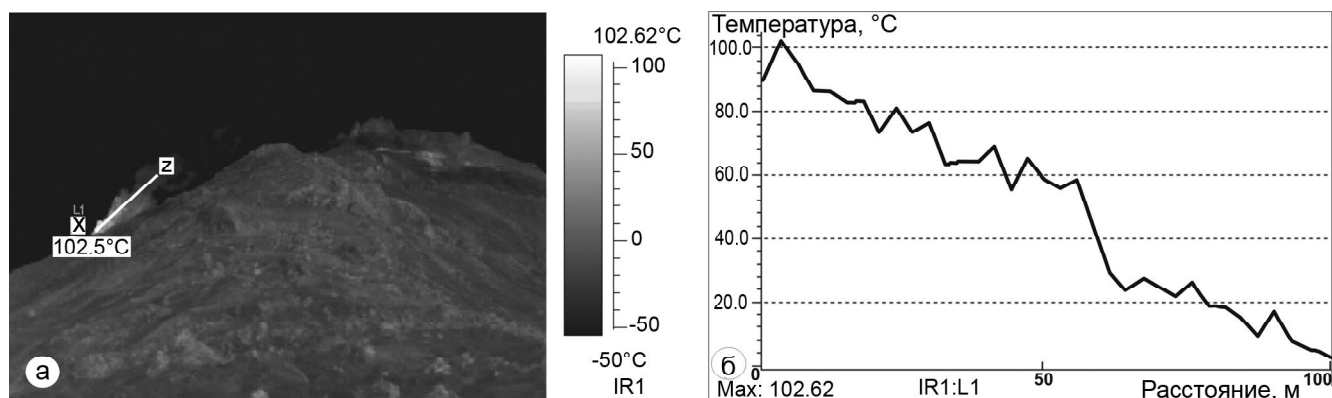


Рис. 3. Термограмма (а) и температурный профиль XZ (б) по оси шлейфа, отражающий характер распределения температур в постэруптивном парагазовом столбе.

100°C по данным термограмм) (рис. 3а) и его примерный радиус в районе жерла (5 метров), мы провели расчет тепловой мощности и расхода пара верхнего парагазового столба. Для этого применялось уравнение теплового баланса, приведенное в работе [2]:

$$QJ = V\pi R^2 \gamma c T,$$

где Q – расход пара; J – теплосодержание пара при температуре 100°C (2682.9 кДж/кг); c – удельная теплоемкость воздуха (1 кДж/к·°C); γ – плотность воздуха (1.2 кг/м³); V – средняя скорость потока в области всплытия (5 м/с); R – радиус сечения шлейфа в области всплытия (5 м).

В результате расчетов установлено, что тепловая мощность струйного термического потока составляет 9.4 мВт, расход пара $Q = 3.5$ кг/с. С момента начала извержения 13 июня до наших наблюдений прошло 70 дней, за этот период было вынесено не менее $2 \cdot 10^4$ тонн водяного пара. Вычисления приведены для верхнего парагазового столба. Если параметры нижнего столба аналогичны, то общий расход пара на влк. Экарма составит не менее 7 кг/с.

По характеру распределения температур в сечении шлейфа парагазового столба мы можем увидеть, что интенсивное охлаждение от 100°C до 0°C происходит на дистанциях около 100 м от жерла (рис. 3б).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Тепловизионная съемка влк. Экарма является началом работ по созданию каталога термограмм активных вулканов Курильских о-вов. Этот каталог позволит проводить работы по построению температурных карт различных участков поверхности вулканов, сравнить данные о температурах за различные периоды времени, а также систематизировать наблюдения за динамикой близповерхностных

тепловых процессов и рассчитать тепловой баланс отдельных термальных выходов. При обработке инфракрасного массива каталога термограмм важной составляющей должно быть сравнение с результатами съемки другими геофизическими методами, это позволит рассматривать геодинамическую обстановку на объектах съемки более разносторонне. Опытным путем выявлено, что наиболее показательными будут термограммы, представленные несколькими типами: общая перспектива всего вулкана, снимки локальных участков вулкана, на которых имеется активная фумарольная или термальная активность, и снимки отдельных фумарол и газогидротермальных выходов. Для большей информативности и точности привязки получаемых результатов инфракрасной съемки необходимо разработать систему стационарных пунктов тепловизионного обследования, представленную двумя типами точек наблюдений: удаленными (съемка общих планов вулкана) и пунктами наблюдений в непосредственной близости от вулканической постройки (здесь возможны более точные измерения и замеры термометрами). Тепловизионная съемка и анализ термограмм является хорошим дополнительным методом дистанционного мониторинга вулканической активности, который позволяет провести обследование труднодоступной местности, экспресс-осмотра вулканов с борта судна или вертолета, вести поиск и уточнение границ термальных аномалий.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ № 10-05-00797-а и ДВО РАН № 12-III-B-08-182.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гордеев Е.И., Дрозин В.А. Температура эксплозивного шлейфа извержения вулкана Корякский в 2009 г. // Докл. РАН. 2010. Т. 430, № 3. С. 349–351.

2. Горшков Г.С. Вулканизм Курильской островной дуги. М.: Наука, 1967. 287 с.
3. Дрознин В.А., Дубровская И.К. Тепловизионные исследования вулканов Камчатки в 2008–2009 гг. // Материалы II науч.-техн. конф. “Проблемы комплексного геофизического мониторинга Дальнего Востока России”, 11–17 октября 2009 г. Петропавловск-Камчатский, 2009. С. 38–42.
4. Дрознин В.А. Новый гейзер в кальдере вулкана Узон // Вестн. КРАУНЦ. Науки о Земле. 2009. Вып. 14. № 2. С. 10–12.
5. Левин Б.В., Мелекесцев И.В., Рыбин А.В. и др. Экспедиция “Вулкан Пик Сарычева–2010” (Курильские острова) // Вестн. ДВО РАН. 2010. № 6. С. 152–159.

D.N. Kozlov, R.V. Zharkov

Thermal imaging analysis of post-eruptive activity of Ekarma Volcano in 2010 (Kuril Islands)

The results of thermal imaging survey of Ekarma volcano (Ekarma Island, the Kuril Islands) carried out during complex expedition works in 2010 just after its eruption are represented. The methods of thermal imaging survey and some ways of thermograph processing are described. Additionally, the problems and peculiar features of creation of electronic catalogue with the heat vision images are considered. The most significant results of thermograph analysis, optimal methods of correction of the thermal imaging observations, and the quality improvement of thermal imaging survey of active volcanoes are demonstrated.

Key words: thermal imager, volcano, eruption, steam-gas column, Kuril Islands.